

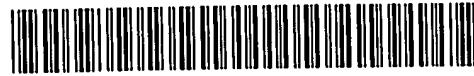


(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 522 475 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
22.05.1996 Patentblatt 1996/21

(51) Int Cl. 6: H01F 27/32, H01F 27/28,
H01F 41/12

(21) Anmeldenummer: 92111382.5

(22) Anmeldetag: 04.07.1992

(54) Induktives Bauelement und Verfahren zu seiner Herstellung

Inductive component and its manufacturing method

Élément inductif et son procédé de fabrication

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT DE FR GB IT

• Struck, Hermann
W-4700 Hamm 1 (DE)

(30) Priorität: 10.07.1991 DE 4122796

(74) Vertreter: Rupprecht, Klaus, Dipl.-Ing. et al
c/o ABB Patent GmbH,
Postfach 10 03 51
D-68128 Mannheim (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.01.1993 Patentblatt 1993/02

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 435 461 EP-A- 0 514 136
EP-A- 0 514 600 EP-A- 0 516 456
FR-A- 2 476 898 US-A- 4 410 585

(73) Patentinhaber: ABB PATENT GmbH
D-68309 Mannheim (DE)

(72) Erfinder:
• Pilnlak, Jürgen
W-4772 Bad Sassendorf (DE)

EP 0 522 475 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingeleitet, wenn die Einspruchsgebühr (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen)

Beschreibung**Beschreibung**

Die Erfindung bezieht sich auf eine induktives Bauelement mit wenigstens zwei Wicklungen und ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Bauelements.

Induktive Bauelemente sind zum Beispiel Transformatoren, Übertrager, Wandler oder Drosselspulen.

Es ist allgemein bekannt, daß solche induktiven Bauelemente nach dem Stand der Technik dadurch hergestellt werden können, daß lackisierte Kupferrunddrähte oder isolierte Flachkupferbänder auf Spulenkörper als Wickelträger gewickelt werden. Zur Isolierung von Wicklungen gegeneinander werden Isolationsfolien mitgewickelt oder es werden zum Beispiel Mehrkammerspulenkörper verwendet. In manchen Fällen ist ein zusätzlicher Gießharzvollverguß oder eine Imprägnierung erforderlich.

Die bekannten induktiven Bauelemente haben ein relativ großes Bauvolumen und erfordern einen hohen Materialeinsatz. Die Herstellung erfordert komplizierte Wickelmaschinen oder lohnintensive Herstellverfahren.

Aus der EP-A2-0 435 461 ist ein induktives Bauelement und ein Verfahren zu dessen Herstellung bekannt, wobei anstelle konventioneller Draht-Wicklungen mehrschichtige Stapel aus Isoliermaterialschichten und strukturierten Metallschichten verwendet werden. Damit läßt sich die Bauhöhe des induktiven Bauelements besser an diejenige anderer Bauelemente eines Schaltkreises anpassen. Eine strukturierte Metallschicht bildet dabei eine Windung einer Spule. Mehrere Windungen sind mit Hilfe von Metallstiften durch Serienschaltung von Einzel-Windungen herstellbar.

Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein solches in Stapelbauweise ausgeführtes induktives Bauelement und ein Verfahren zu dessen Herstellung anzugeben, das erhöhten Anforderungen bezüglich elektrischer Isolierung, kompakter und kostengünstig herstellbarer Wicklungen und geringer Verlustleistung genügen kann.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein induktives Bauelement, insbesondere Transformator, mit wenigstens zwei Wicklungen, von denen jede eine oder mehrere Windungen aufweisen kann, wobei Isoliermaterialschichten und strukturierte Metallschichten übereinander gestapelt sind, und elektrische Verbindungen zwischen zu kontaktierenden, strukturierten Metallschichten mittels metallischen Verbindungsstiften hergestellt sind. Die Isoliermaterialschichten sind aus einem unter Druck- und Temperatureinwirkung verformbaren Material ausgeführt. Zur Bildung von Wicklungen mit mehreren Windungen sind spiralförmig strukturierte Metallschichten verwendet. Der geschichtete Stapel ist durch Druck- und Temperatureinwirkung wobei die Isoliermaterialschichten etwas großflächiger als die Metallschichten ausgeführt sind, während des Herstellprozesses zu einem gemeinsamen, allseitig elektrisch isolierten

Wicklungspaket verbacken. Als Verbindungsstifte sind zur Herstellung elektrischer Verbindungen im Wicklungspaket Vierkant- oder Sechskantstifte verwendet, die an ausgewählten Stellen in Bohrungen senkrecht zur Schichtenebene in das Wicklungspaket eingepreßt und kaltverschweißt sind.

Gemäß der Erfindung wird außerdem ein Verfahren zur Herstellung eines induktiven Bauelements gemäß Anspruch 4 vorgeschlagen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und ein bevorzugtes Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen induktiven Bauelements ergeben sich aus der untenstehenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels und den Patentansprüchen.

Die erfindungsgemäßen Bauelemente zeichnen sich durch eine besonders kleine Baugröße und durch eine erzielte Materialeinsparung aus, da zum Beispiel kein gesonderter Spulenkörper benötigt wird. Den elektrischen Isolationsanforderungen kann bei kleinerem Raumbedarf entsprochen werden. Die induktiven Bauelemente können kostengünstig hergestellt werden und weisen vorteilhafte technische Daten insbesondere eine große Hauptinduktivität, eine geringe Verlustleistung und damit auch einen guten Wirkungsgrad auf.

Eine ausführliche Beschreibung der Erfindung erfolgt nachstehend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels. Es zeigen:

Fig. 1a und b Transformatoranordnung,
Fig. 2 Schaltbild zum Transformator,
Fig. 3 schematischer Aufbau des Wicklungspakets des Transformators,
Fig. 4 Wicklungspaket,
Fig. 5a bis f Metallteile des Wicklungspakets,
Fig. 6 übereinander gelegte Metallteile, die in den Figuren 5a und 5b gezeigt sind,
Fig. 7 Isoliermaterialschicht.

Fig. 1a zeigt die Vorderansicht und Fig. 1b die Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Transformators 1. Der Transformator 1 enthält einen Kern 2 und ein Wicklungspaket 3 mit Anschlüssen 4, die entsprechend den in Fig. 2 gezeigten Anschlüssen mit 4.11, 4.13, 4.21, 4.22 und 4.23 näher bezeichnet sind. In Fig. 1a sind außerdem Bohrungen 5 zu erkennen, in die Verbindungsstifte 6 (siehe Fig. 5f) eingesetzt sind.

Fig. 2 zeigt das elektrische Schaltbild des in Fig. 1a und 1b gezeigten Transformators 1. Der Transformator 1 weist zwei Primärwicklungen 7a und 7b auf, sowie zwei Sekundärwicklungen 8a und 8b. Der Transformator 1 kann weitere Wicklungen, zum Beispiel für Hilfsspannungen enthalten. In dem in den Figuren 1a, 1b und 2 dargestellten Ausführungsbeispielen sind die Primärwicklungen 7a und 7b in Reihe geschaltet, mit Hilfe einer Brücke 13, die mittels Verbindungsstiften 6 in der in Fig. 1a oberen Reihe von Bohrungen 5 realisiert ist, wie durch Vergleich mit den Figuren 5a und 5b verständ-

lich wird. Ebenso sind die Sekundärwicklungen 8a und 8b elektrisch in Reihe geschaltet, wobei jedoch ein in Fig. 5e dargestelltes Metallteil 11 und Verbindungsstifte 6 verwendet sind, zur Realisierung einer sekundärseitigen Verbindungsstelle 14, die als Anschluß 4.22 herausgeführt ist.

In Fig. 3 ist der schichtenweise Aufbau des Wicklungspakets 3 schematisch für das in den übrigen Figuren dargestellte Ausführungsbeispiel gezeigt. Dabei sind übereinander gestapelt: eine erste Isoliermaterialschicht 9, die zweite Primärwicklung 7b, eine weitere Isolierschicht 9, die zweite Sekundärwicklung 8b, eine Isolierschicht 9, die erste Sekundärwicklung 8a, eine Isolierschicht 9, die erste Primärwicklung 7a, eine Isolierschicht 9, ein Metallteil (siehe Fig. 5e) zur Herstellung der sekundärseitigen Verbindung zu den Wicklungsenden 14.1 und 14.2 über (in Fig. 3 nicht dargestellte) Verbindungsstifte 6 und eine obere Isolierschicht 9. Die Isoliermaterialschichten 9, der einzelnen Ebenen sind bezüglich ihrer Dicke entsprechend den jeweiligen Isolationsanforderungen bemessen. Die Isoliermaterialschichten sind etwas großflächiger gestaltet als die Metallschichten 11, so daß durch Verbacken der Isolierschichten 9 in einem Herstellungsschritt bei dem durch Temperatur- und Druckeinwirkung eine Verformung der Isoliermaterialschichten bzw. ein Schmelzen des darin enthaltenen Harzes bewirkt wird, auch in einem Randbereich 10 sowie in Zwischenräumen der strukturierten Metallschichten 11 eine geschlossene elektrisch isolierende Schicht erreicht wird. Das schmelzbare Harz härtet beim Abkühlen aus und schafft eine nicht mehr lösbare Verbindung der Schichten des Wicklungspakets. Die Isoliermaterialschichten 9 können als mehrlagige Glasfasermatten oder -platten ausgeführt sein, wobei durch Wahl einer entsprechenden Lagenzahl den jeweiligen Isolationsforderungen entsprochen werden kann. Es kann zum Beispiel zur Isolierung von mehreren Sekundärwicklungen untereinander eine kleinere Lagenzahl ausreichend sein als zur Isolierung zwischen Primär- und Sekundärwicklungen.

Als Isoliermaterialschichten 9 kommen jedoch auch andere Isoliermaterialien in Betracht, wie zum Beispiel Keramikplatten, die beispielsweise im Direktverbindungsverfahren mit strukturierten Kupferfolien verbunden werden können.

Fig. 4 zeigt das Wicklungspaket 3 des in Fig. 1 dargestellten Transformators.

Die Figuren 5a bis 5f zeigen die Metallteile des Wicklungspakets 3. Die Figuren 5a bis 5d zeigen strukturierte Metallschichten 11, die als zum Beispiel 0,5 mm dicke Kupferbleche ausgeführt sind. Die Strukturierung zu flachen, zum Beispiel 5 oder 8 mm breiten, spiralförmigen Windungen einer Spule kann durch Stanzen, Ätzen oder andere Verfahren erreicht werden. Dabei werden zugleich angeformte äußere Anschlüsse 4.11, 4.13, 4.21 und 4.23 hergestellt. Zur Herstellung der Primärwicklung mit den Anschlüssen 4.11 und 4.13 werden zwei Teilwicklungen 7a und 7b mit je drei Windungen benutzt.

Die in den Spiralen innenliegenden Wicklungsenden 13.1 und 13.2 werden miteinander verbunden zur Herstellung der in Fig. 2 gezeigten Brücke 13. Dazu werden die beiden Teilwicklungen 7a und 7b unter Zwischenfü-
5

gung einer Isoliermaterialschicht 9 übereinander gelegt, wie in Fig. 6 gezeigt ist. Die Teilwicklungen 7a und 7b sind gleichartig gestaltet, sind jedoch spiegelbildlich zu-
10 einander übereinander gelegt, so daß die Wicklungsenden 13.1 und 13.2 übereinander liegen und mittels Verbindungsstiften 6 miteinander verbunden werden können, zur Realisierung der Brücke 13.

In ähnlicher Weise sind die sekundären Wicklungen 8a und 8b ausgeführt und übereinander gelegt, wobei jedoch die Brücke 14 durch Verbindung der Wicklungsenden 14.1 und 14.2 mit dem in Fig. 5e gezeigten Metallstück realisiert wird, wiederum mittels Verbindungsstiften 6, von denen einer in Fig. 5f gezeigt ist. Die Anordnung des in Fig. 5e gezeigten Metallstücks, das zu-
15 gleich Anschluß 4.22 ist, ist in Fig. 1 mit gestrichelten Linien angedeutet.

Als Verbindungsstifte 6 sind Vierkantstifte aus einer Kupferlegierung vorgesehen, die in Bezug auf die Bohrungen 5 so bemessen sind, daß beim Einpressen der Stifte in die Bohrungen 5 eine Kaltverschweißung ein-
20 tritt. Es versteht sich, daß die Stifte auch eine andere Form haben können und daß die elektrische und mechanische Verbindung auch auf andere Weise hergestellt werden kann.

Fig. 7 zeigt eine bevorzugte Ausführung der Isolier-
25 materialschicht 9, nämlich als Glasfasergewebematte oder -platte die ein schmelzbares Harz enthält. Es ist ebenso wie bei den strukturierten Metallschichten 11 in der Isoliermaterialschicht 9 ein Ausschnitt 15 für den Kern 2 freigehalten.

Abschließend wird ein bevorzugtes Verfahren zur Herstellung des Wicklungspakets des erfindungsgemäß induktiven Bauelements anhand des in den Figuren der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels im Zusammenhang beschrieben. Das Verfahren kann als 35 eine Kombination von Verbacktechnik, Vergußtechnik, Kunststoffgehäusetechnik und Kunststofffolientechnik angesehen werden.

Die Herstellung des Wicklungspakets erfolgt aus-
40 gehend von vorgefertigten gestanzten Kupferblechen und Isoliermaterialplatten in nachstehenden Schritten:

50 a) Es werden mehrere Schichten aus Isoliermaterial bzw. aus zu spiralförmigen Wicklungen und Anschlüssen strukturierten Metallblechen in einem Stapel abwechselnd übereinander geschichtet, wobei

- 55 - der Stapel mit je einer Isoliermaterialschicht begonnen und abgeschlossen wird,
- die Isoliermaterialschichten den jeweiligen Isolieranforderungen z.B. durch entsprechende Schichtdicke angepaßt sind,
- die Isoliermaterialschichten aus einem nur bei

sehr hoher Temperatur schmelzenden Material, z.B. einem Glasgewebe oder einer Keramikplatte, bestehen und mit einem dagegen niedrigschmelzenden Kleber, z.B. einem Harz, z.B. durch Einlagerung oder Beschichtung kombiniert sind, und

- elektrisch zu verbindende Wicklungsenden und Anschlußbleche sich überlappend übereinanderliegen, jedoch durch Isoliermaterialschichten getrennt sind;

b) Der geschichtete Stapel wird unter Temperatur- und Druckeinwirkung verbacken, wobei die Isoliermaterialschichten und insbesondere der während dieses Prozesses schmelzende Kleber die strukturierten Metallbleche dicht umschließen und Zwischenräume im Stapel ausfüllen;

c) Zur Herstellung elektrischer Verbindungen zwischen einzelnen Wicklungen oder Wicklungsteilen, sowie zwischen Wicklungsenden und -anschlüssen werden Bohrungen senkrecht zur Schichtenebene an den Stellen an denen sich zu verbindende Metallschichten überdecken durchgeführt und Verbindungsstifte, vorzugsweise Vierkantstifte, eingepreßt und dabei mit den Blechen kaltverschweißt, wobei eine feste und gasdichte Verbindung entsteht.

5 d) als Verbindungsstifte (6) zur Herstellung elektrischer Verbindungen im Wicklungspaket (3) Vierkant- oder Sechskantstifte verwendet sind, die an ausgewählten Stellen in Bohrungen (5) senkrecht zur Schichtenebene in das Wicklungspaket (3) eingepreßt und kaltverschweißt sind.

10 2. Induktives Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die strukturierten Metallschichten (11) zur Bildung von Wicklungen (7a, 7b, 8a, 8b) aus Kupfer- oder Aluminiumblech bestehen und, zum Beispiel durch Stanzen, als spiralförmiges, in einer Ebene flachliegendes Blechband ausgeführt sind.

15 3. Induktives Bauelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Isoliermaterialschichten (9) aus ein- oder mehrlagigen Glasfaser-gewebeplatten bestehen, wobei Zwischenräume im Gewebe mit einem schmelzbaren Harz gefüllt sind.

20 4. Verfahren zur Herstellung eines induktiven Bauelements, zum Beispiel eines Transformators, wobei mehrere Wicklungen des Bauelements innerhalb eines Wicklungspakets angeordnet werden, dadurch gekennzeichnet, daß das Wicklungspaket in nachstehenden Schritten hergestellt wird:

25 30 a) Es werden mehrere Schichten aus Isoliermaterial bzw. aus zu spiralförmigen Wicklungen und Anschlüssen strukturierten Metallblechen in einem Stapel abwechselnd übereinander geschichtet, wobei

35 35 - der Stapel mit je einer Isoliermaterialschicht begonnen und abgeschlossen wird,

40 - die Isoliermaterialschichten den jeweiligen Isolieranforderungen z. B. durch entsprechende Schichtdicke angepaßt sind,

45 - die Isoliermaterialschichten aus einem nur bei sehr hoher Temperatur schmelzenden Material, z. B. einem Glasgewebe oder einer Keramikplatte, bestehen und mit einem dagegen niedrigschmelzenden Kleber, z. B. einem Harz, z. B. durch Einlagerung oder Beschichtung kombiniert sind, und

50 - elektrisch zu verbindende Wicklungsenden und Anschlußbleche sich überlappend übereinanderliegen, jedoch durch Isoliermaterialschichten getrennt sind;

55 55 b) der geschichtete Stapel wird unter Temperatur- und Druckeinwirkung verbacken, wobei die Isoliermaterialschichten und insbesondere der während dieses Prozesses schmelzende Kleber die strukturierten Metallbleche dicht

umschließen und Zwischenräume im Stapel ausfüllen;
c) zur Herstellung elektrischer Verbindungen zwischen einzelnen Wicklungen oder Wicklungsteilen, sowie zwischen Wicklungsenden und -anschlüssen werden Bohrungen senkrecht zur Schichtenebene an den Stellen, an denen sich zu verbindende Metallschichten überdecken, durchgeführt und Verbindungsstifte, vorzugsweise Vierkantstifte, eingepreßt und dabei mit den Blechen kaltverschweißt, wobei eine feste und gasdichte Verbindung entsteht.

5

10

15

Claims

1. Inductive component, in particular transformer (1), having at least two windings (7a, 7b, 8a, 8b), each of which can have one or more turns,

20

- insulating material layers (9) and structured metal layers (11) being stacked one above the other, and
- electrical connections being established between structured metal layers (11), between which contact is to be made, by means of metallic connecting pins (6),
characterized in that

25

30

a) the insulating material layers (9) are made of a material which can be deformed under the action of pressure and temperature,
b) spirally structured metal layers (11) are used to form windings (7a, 7b, 8a, 8b) having a plurality of turns,
c) the layered stack (9, 11) are [sic] baked by the action of pressure and temperature, the insulating material layers (9) being designed to have a somewhat larger area than the metal layers (11), during the manufacturing process to form a common winding stack (3) which is electrically insulated on all sides, and
d) the connecting pins (6) used for establishing electrical connections in the winding stack (3) are rectangular or hexagonal pins which are pressed into the winding stack (3), at selected points, in holes (5) perpendicularly with respect to the layer plane and are cold welded.

35

40

45

50

2. Inductive component according to Claim 1, characterized in that the structured metal layers (11) for forming windings (7a, 7b, 8a, 8b) comprise copper or aluminium laminates and are embodied, for example by stamping, as a spiral laminate strip lying flat in one plane.

3. Inductive component according to Claim 1 or 2,

characterized in that the insulating material layers (9) comprise single- or multilayer glass-fibre fabric plates, interspaces in the fabric being filled with a fusible resin.

4. Method for manufacturing an inductive component, for example a transformer, a plurality of windings of the component being arranged within a winding stack, characterized in that the winding stack is produced using the following steps:

a) a plurality of layers of insulating material or of metal laminates structured to form spiral windings and connections are alternately layered one above the other in a stack,

- the stack being started and finished in each case with an insulating material layer,
- the insulating material layers being matched to the respective insulation requirements by an appropriate layer thickness, for example,
- the insulating material layers comprising a material which melts only at a very high temperature, for example a glass fabric or a ceramic plate, and being combined, for example by inclusion or coating, with an adhesive which, in contrast, has a low melting point, for example a resin, and
- winding ends and connection laminates which are to be electrically connected lying one above the other in an overlapping manner, but being separated by insulating material layers;

b) the layered stack is baked under the action of temperature and pressure, the insulating material layers, and in particular the adhesive which melts during this process, tightly enclosing the structured metal laminates and filling interspaces in the stack;

c) in order to establish electrical connections between individual windings or winding parts, and between winding ends and connections, holes are made perpendicularly with respect to the layer plane at the points where metal layers to be connected overlap, and connecting pins, preferably rectangular pins, are pressed in and cold welded to the laminates in the process, a permanent and gastight connection being produced.

Revendications

55

1. Élément inductif, notamment transformateur (1), avec au moins deux enroulements (7a, 7b, 8a, 8b) qui peuvent comporter chacun une ou plusieurs spi-

res,

- des couches (9) de matériau isolant et des couches métalliques structurées (11) étant empilées l'une sur l'autre et 5
- des liaisons électriques entre les couches métalliques structurées (11) à contacter étant réalisées au moyen de broches de liaison (6) métalliques, caractérisé en ce que 10

a) les couches (9) de matériau isolant sont réalisées en un matériau conformable à chaud et par pression, 15

b) on utilise pour former des enroulements (7a, 7b, 8a, 8b) à plusieurs spires des couches métalliques structurées (11) en spirale, 20

c) les couches (9, 11) empilées, parmi lesquelles les couches (9) de matériau isolant ont une surface légèrement plus grande que les couches métalliques (11), sont réunies par chauffage et par pression au cours du processus de fabrication pour former un paquet d'enroulements (3) commun, isolé électriquement sur toutes ses faces et 25

d) on utilise comme broches de liaison (6), pour réaliser les liaisons électriques à l'intérieur du paquet d'enroulements (3), des broches à section carrée ou hexagonale qui sont enfoncées dans le paquet d'enroulements (3), en des points déterminés, dans des trous (5), perpendiculairement au plan de la couche, et sont soudées à froid. 30

2. Elément inductif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les couches métalliques (11) structurées pour former des enroulements (7a, 7b, 8a, 8b) sont en tôle de cuivre ou d'aluminium et sont agencées en forme de bande de tôle enroulée en spirale, à plat dans un plan, obtenue par découpe-page-poinçonnage. 35

3. Elément inductif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les couches (9) de matériau isolant sont constituées de plaques de tissu de fibre de verre à un ou plusieurs plis, les interstices dans le tissu étant remplis d'un résine fusible. 40

4. Procédé de fabrication d'un élément inductif, par exemple d'un transformateur, plusieurs enroulements de l'élément étant disposés à l'intérieur d'un paquet d'enroulements, caractérisé en ce que le paquet d'enroulements est fabriqué par les étapes: 45

a) on empile alternativement l'une sur l'autre, pour former un empilement, plusieurs couches de matériau isolant et de tôles métalliques structurées pour former des enroulements en 50

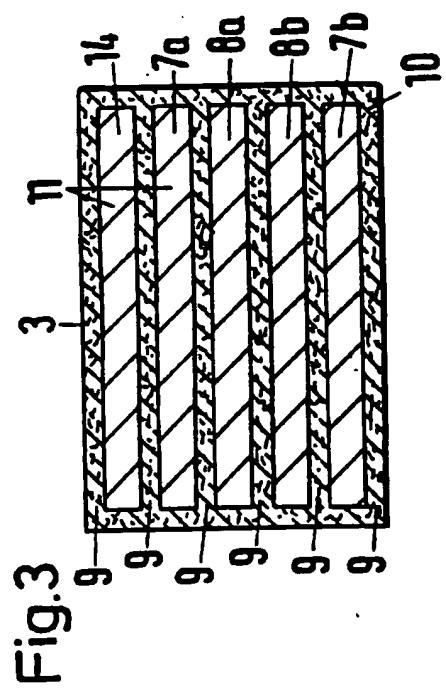
55

spirale et des bornes,

- la pile commençant et se terminant chaque fois par une couche de matériau isolant, - les couches de matériau isolant étant adaptées aux exigences d'isolation, par exemple par une épaisseur de couche adaptée,
- les couches en matériau isolant étant formées d'un matériau ne fondant qu'à des températures très élevées, par exemple un tissu de verre ou une plaquette de céramique, et étant combinées par incorporation ou par revêtement, à un adhésif à bas point de fusion, par exemple une résine, et
- des extrémités d'enroulement et des pattes de connexion à relier électriquement étant disposées l'une au-dessus de l'autre avec recouvrement, étant cependant séparées par des couches de matériau isolant;

b) on réunit par chauffage et par pression les couches empilées, les couches de matériau isolant et plus particulièrement l'adhésif qui fond au cours de cette étape de procédé entourant de manière étanche les tôles métalliques structurées et remplissant les interstices;

c) pour réaliser des liaisons électriques entre les différents enroulements ou parties d'enroulements ainsi qu'entre les extrémités d'enroulement et les bornes de connexion, on perce des trous perpendiculairement au plan des couches, aux endroits où des couches métalliques à relier se recouvrent, on enfile de broches de liaison, de préférence des broches carrées, et on les soude à froid aux tôles, pour obtenir une liaison ferme et étanche au gaz.



三
正

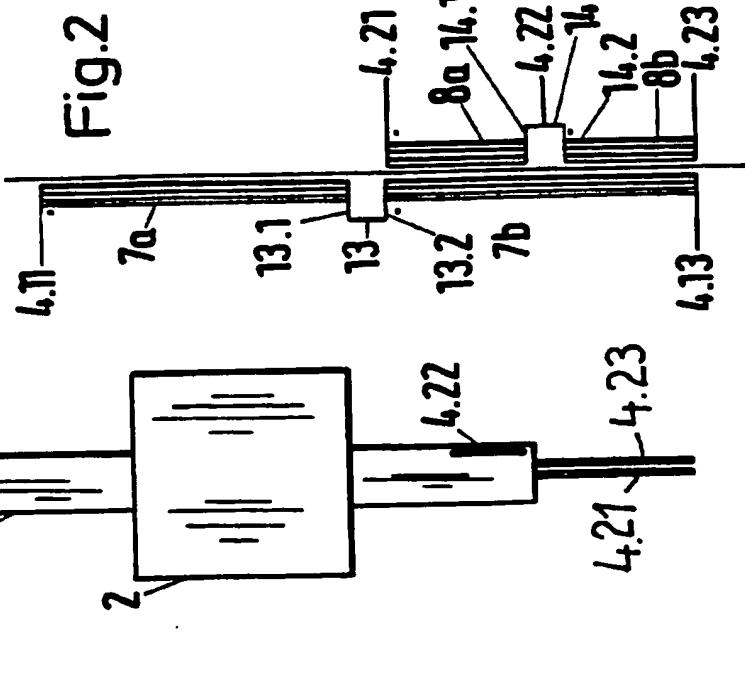


Fig. 2

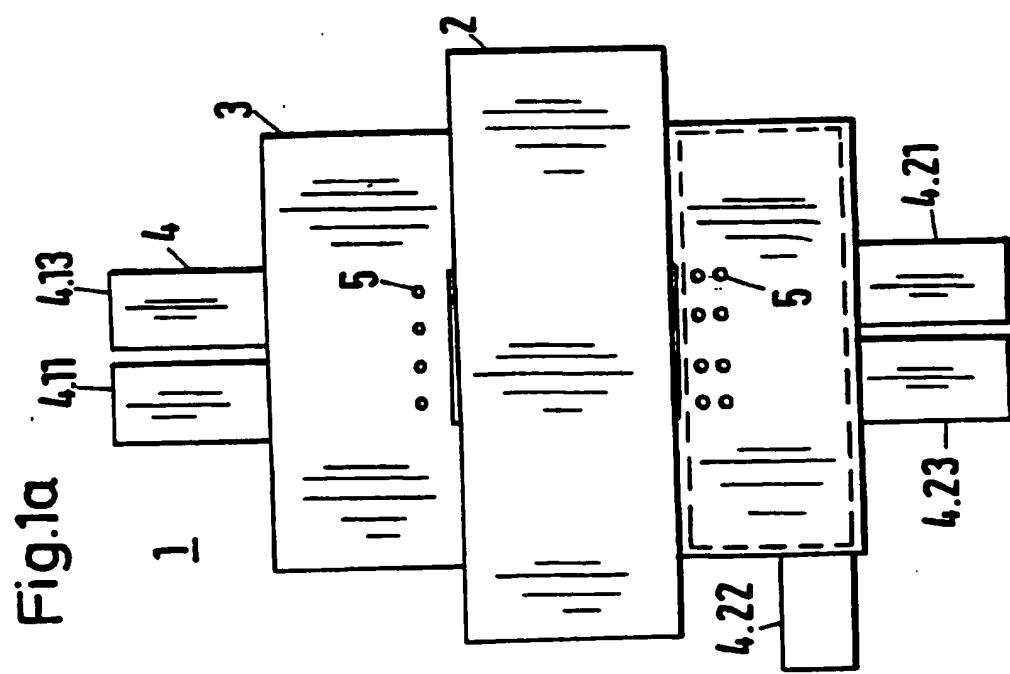


Fig.1a 4.11 4.13

Fig.4

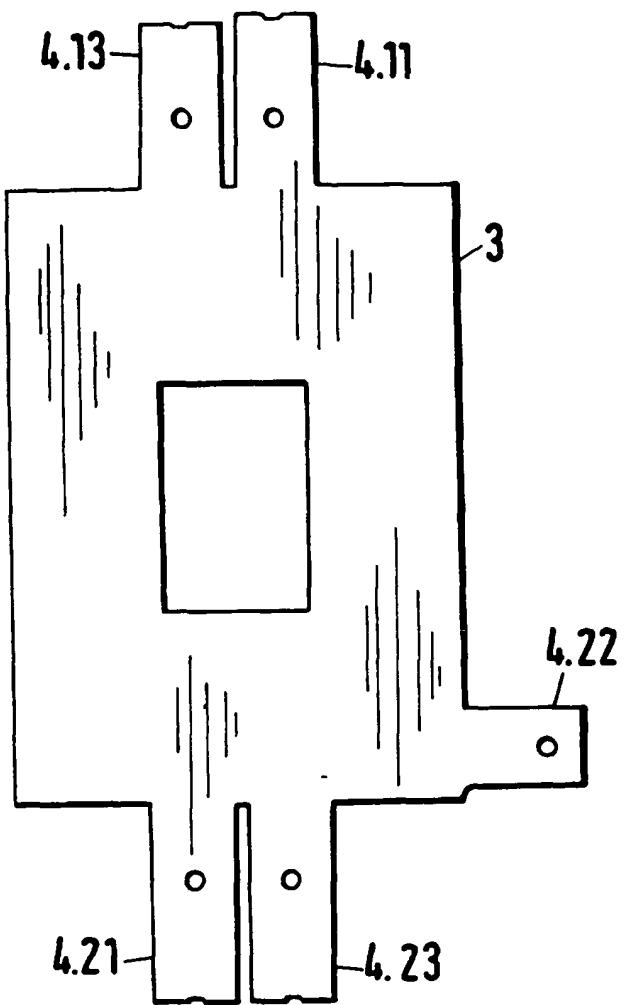


Fig.5a

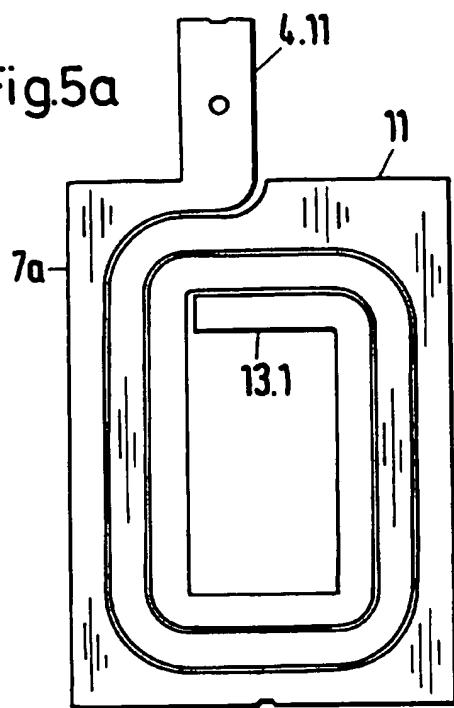
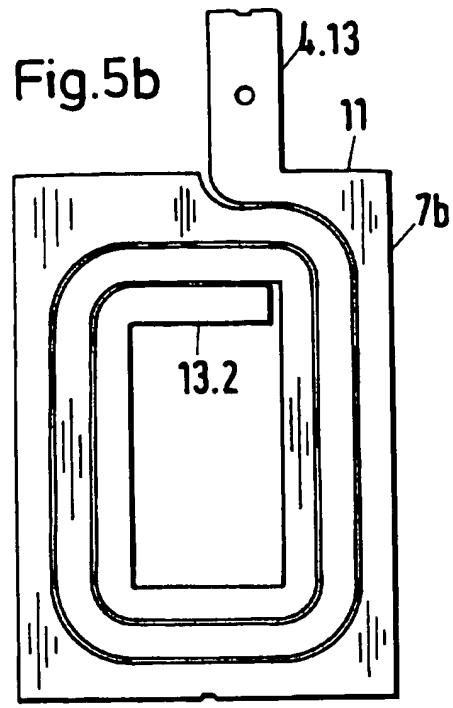


Fig.5b



8b

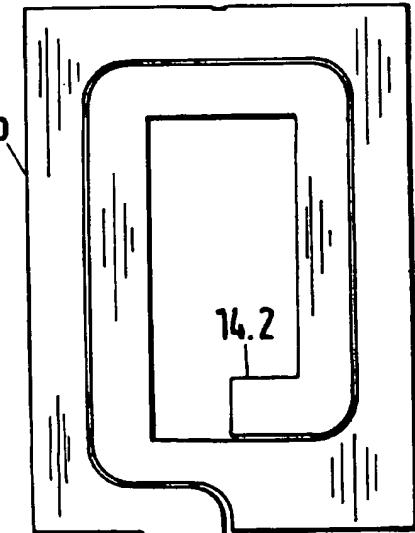


Fig.5c

Fig.5d

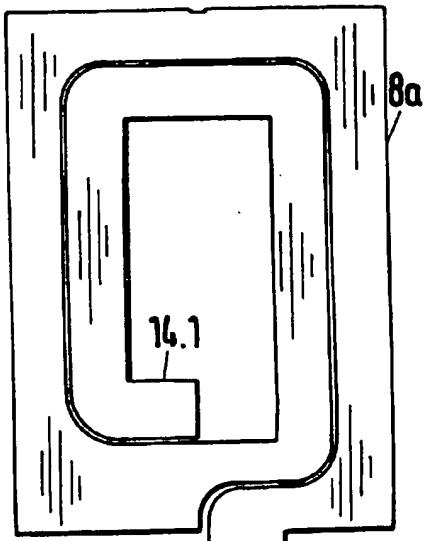


Fig.5f



Fig.5e

Fig.6

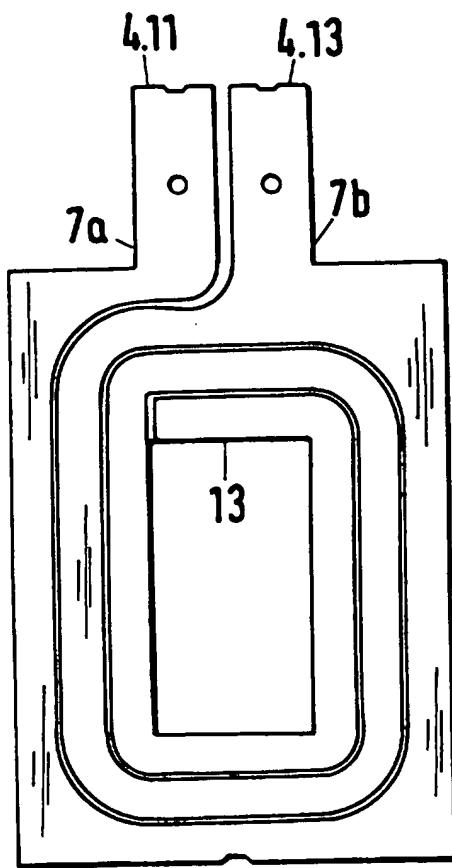


Fig.7

